

## Elektronik Atıkların Oluşturduğu Tehdit ve WEEE-RoHS Yönetmeliklerine Genel Bir Bakış

Yasin Tiren<sup>1,2,\*</sup>, Ahmet Hamdi Solmaz<sup>3</sup>, Ahmet Feyzioğlu<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Emas Elektroteknik Makine San. Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye, yasin.tiren@emasas.com.tr, ORCID: 0000-0002-1243-9606

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, yasin.tiren@std.yildiz.edu.tr

<sup>3</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, ahmet.solmaz1@std.yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2384-096

<sup>4</sup>Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, ahmet.feyzioglu@marmara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0296-106X

Teknolojinin bir çığ gibi büyüdüğü günümüzde, dünyanın bir yerinde yeni bir ürün geliştirilmekte ve başka bir yerinde bu ürün üzerine ekleme yapılarak başka bir ürün tasarlanmaktadır. Yapılan bu tasarımlar ise beraberinde birtakım tehditler ve sorumluluklar getirmektedir. Üretimi yapılan her bir elektrikli/elektronik cihaz kullanım ömrü tamamlandıktan sonra uygun ortam ve koşullarda imha edilmezse ya da tamir edilip tekrar kullanıma kazandırılmazsa doğa için tehlike oluşturur. Hayatımızın vazgeçilmez parçaları olan elektrikli ve elektronik cihazlar birer elektronik atık (e-atık) haline geldiğinde yapılarında bulunan zararlı maddeler bilinçsiz bir şekilde doğaya salınmaktadır. Bunun sonucu olarak çevre kirliliği artmaktadır. Avrupa Birliği 2003 yılında yürürlüğe aldığı WEEE (Waste from Electrical and Electronic Equipment) ve RoHS (Restriction of Hazardous Substances) yönetmelikleri ile birlikte çevre ve insan sağlığına düşman olan bu zararlı maddelerin doğaya karışmasını en aza indirmeyi, çevre ve insan sağlığını korumayı hedeflemiştir. Bu çalışmada elektrikli ve elektronik cihazların birer e-atık haline geldiğinde nasıl sonuçlar doğurduğu, e-atıklarda bulunan zararlı maddelerin neler olduğu, Avrupa Birliği yönetmelikleri olan WEEE ve RoHS'un amaç ve kapsamı üzerinde bir literatür araştırması yapılmış olup çalışma sonunda ise elektroteknik, makine sanayisi üreticisi olan Emas'ın ürünleri için yaptırmış olduğu bir RoHS testi sonucu gösterilmiştir. Bu çalışma ile tüketici ve üreticilerin insan-çevre sağlığı hakkında bilinçlenmesi hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çevre Sağlığı, İnsan Sağlığı, Elektronik Atık, RoHS, WEEE.

© 2022 Published by Ainteliala

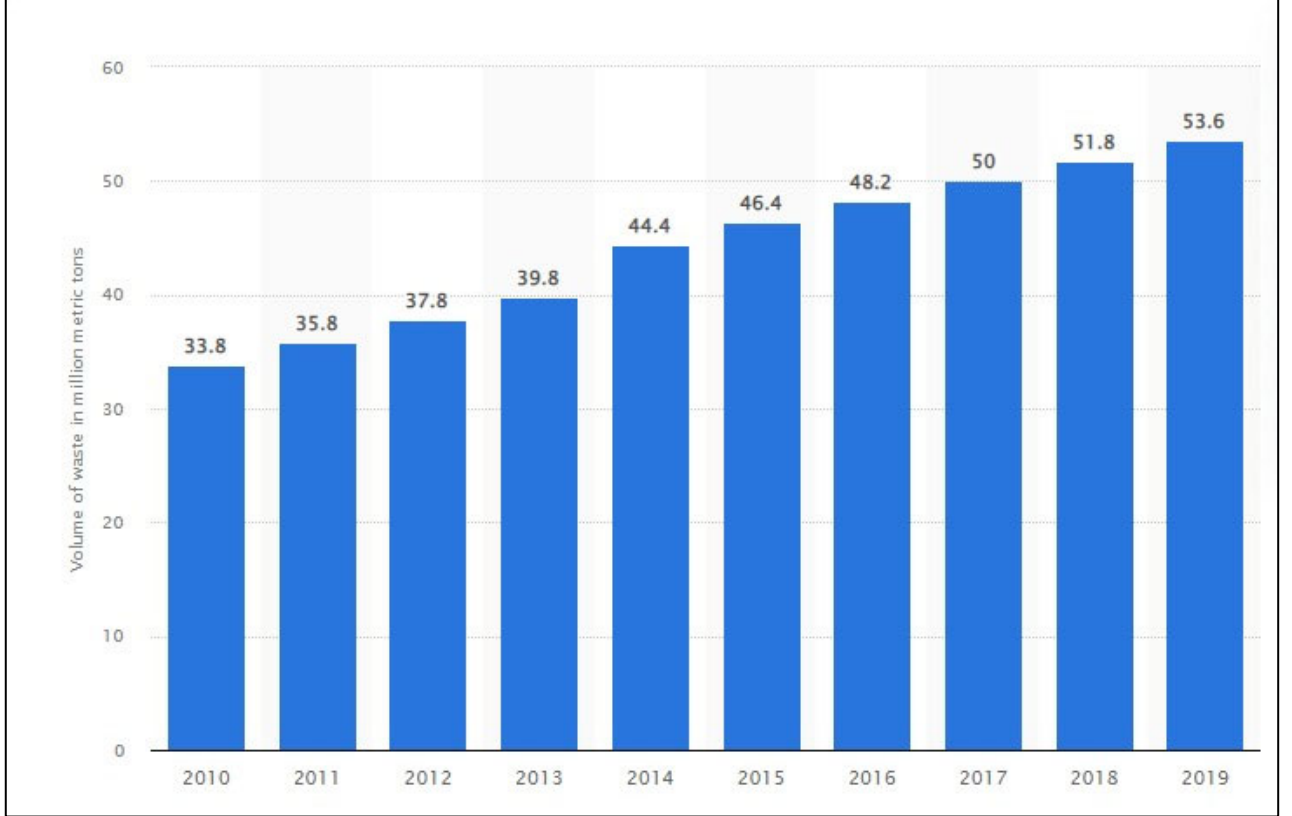
## An overview of electronic waste threats and WEEE-RoHS regulations

In today's world where technology grows like an avalanche, a new product is being developed in one part of the world and another product is designed by adding to this product in another part. These designs, on the other hand, bring with them some threats and responsibilities. If each electrical/electronic device produced is not destroyed in appropriate environment and conditions after its useful life, or if it is not repaired and reused, it poses a danger to nature. When electrical and electronic devices, which are indispensable parts of our lives, become electronic waste (e-waste), harmful substances in their structures are unconsciously released into nature. As a result, environmental pollution increases. With the WEEE (Waste from Electrical and Electronic Equipment) and RoHS (Restriction of Hazardous Substances) regulations that the European Union came into force in 2003, it aimed to minimize the mixing of these harmful substances, which are hostile to the environment and human health, into nature, and to protect the environment and human health. In this study, a literature research was conducted on the consequences of electrical and electronic devices when they become e-waste, what harmful substances are in e-waste, the aims and scopes of WEEE and RoHS, which are European Union regulations. The result of a RoHS test that the manufacturer Emas has had for its products has been shown. With this study, it is aimed to raise awareness of consumers and producers about human-environmental health.

**Keywords:** Electronic Waste, Environmental Health, Human Health, WEEE, RoHS.

## 1. Giriş

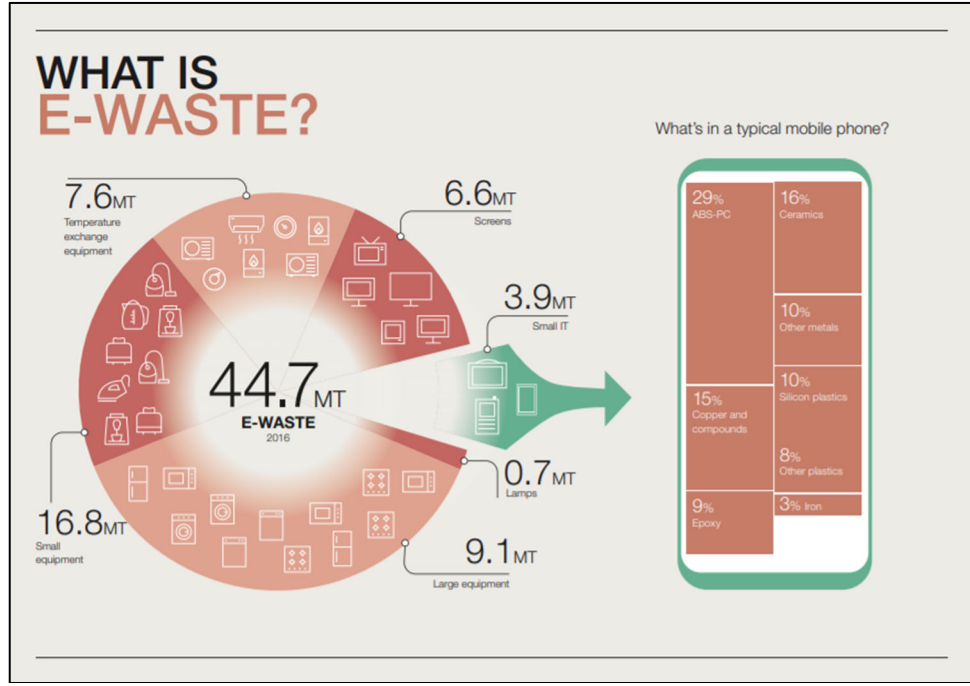
Hayatımızın vazgeçilmez bir parçası olan elektrikli/elektronik alet ve cihazların kullanılmaya başlandıktan birkaç yıl sonra ömrünü tamamlaması ile bu cihazlar birer elektronik atık (e-atık) haline gelmektedir. Televizyon, bilgisayar, telefon, baskı devreler, yazıcı, entegre devreler ve bunlar gibi cihazların üretiminde kullanılan malzemeler potansiyel birer elektronik atık adayıdır. Artık tüketim alışkanlarımız değişmekte ve kullan-at modeline evrilmektedir. Özellikle bilgisayar ve mobil cihazlardan meydana gelen e-atık miktarı da gün geçtikçe artmakta ve bu durum çevre açısından büyük bir risk barındırmaktadır (Şekil 1).



**Şekil 1.** 2010-2019 yılları arasındaki dünya genelindeki elektronik atık miktarı (Statista).

Yapılan bir araştırmaya göre 1994 yılında ağırlığı yaklaşık 7 milyon ton olan 20 milyon bilgisayar gelişen teknolojiye ayak uyduramamıştır. Bu durum 2004 yılında 100 milyon bilgisayarın üstüne çıkmıştır. 1994-2003 yılları arasında yaklaşık 500 milyon bilgisayar kullanılamaz hale gelmiştir. Bu cihazların ortaya çıkardığı atık miktarı ise 2.872.000 ton plastik, 718.000 ton kurşun, 287 ton cıva ve 1.363 ton kadmiyum civarındadır [1]. Küresel bilgisayar pazarı, bilgisayarların ömrünü azaltmakta ve bu atık miktarının hızla artmasına neden olmaktadır. Örnek vermek gerekirse 1997 yılında ortalama bir CPU (Merkezi İşlemci Birimi) ömrü 4-6 yıl arasında iken 2005 yılında bu rakam ortalama 2 yıla kadar düşmüştür [2].

E-atık oluşturan diğer cihazlara örnek vermek gerekirse yaklaşık 130 milyon telefon 2005 yılına gelindiğinde kullanılamaz hale gelmiş başka bir deyişle emekliye ayrılmıştır. Buna benzer bir durum taşınabilir diğer elektronik cihazlarda da (MP3 çalar vb.) görülmüştür [3]. Şekil 2’de e-atık miktarının türlere göre dağılımı verilmiştir.



**Şekil 2.** E-Atık miktarının türlere göre dağılımı-2016 (WEForum).

Bu çalışmada elektrikli/elektronik atıkların çevreye zararı ve bu atıklarla ilgili olarak Avrupa Birliği direktifleri olan WEEE (Waste Electrical and Electronic Equipment) ve RoHS (Restriction of Hazardous Substances) hakkında literatür araştırması yapılacaktır.

## 2. E-Atık, E-Atık Bileşenleri ve Etkileri

Elektrikli ve elektronik cihazlar içlerinde birçok zararlı madde bulundurulur. Cıva, kurşun, krom ve kadmiyum gibi ağır metaller; klorlu bifeniller, polivinilklorür, kloroflorokarbon ile asbest ve arsenik bu maddelere örnek olarak verilebilir [4]. Elektrikli ve elektronik cihazlar kullanım süreleri tamamlandıktan sonra birer e-atık haline gelir dolayısıyla bu atıkların beraberinde getirdiği maddeler doğru bir yöntemle geri dönüştürülemez ya da imha edilemezse insan ve çevre için olumsuz sonuçlar doğurur.

Örneğin eski bilgisayar monitörleri ve televizyonlarda bulunan katot ışını tüpleri, yüksek miktarda ağır metaller (baryum, kurşun vb.) barındırır. Bu cihazların ömrü bittikten sonra doğru tekniklerle işlenmezlerse; bu işlemi yapan görevliler, işlemin yapıldığı yerdeki toprak ve yer altı suları için kötü sonuçlara neden olur. Bu kötü sonuçların başlıca nedenlerinden birisi de bu e-atıkların yakılmasıyla ortaya çıkan bromidler ve halojenli kloridlerdir. Bu maddeler yaşamımızda sıkça kullandığımız elektrikli ve elektronik cihazların plastik aksamalarında, bu cihazlardaki kabloların PVC dış kaplamalarında kullanılmaktadır. Bu bromidler ve halojenli kloridlerin kullanılma nedeni ise yanmayı engelleyici özellikte olmalarıdır. Ancak yakıldıkları zaman atmosfere dioksin olarak yayılmaktadır [5].

E-atıklarda bulunan zararlı maddelerin bazıları şu şekildedir:

**Kurşun – Pb:** CRT tüpleri, eski lehimler, aküler, entegre devler ve birçok elektronik alette bulunur. Dolaşım sisteminden sinir sistemine, boşaltım sisteminden üreme sistemine kadar geniş çevrede hastalıklara neden olabilen kurşunun, küçük çocukların beyin gelişimini de büyük ölçüde kötü etkilediği görülmüştür.

**Cıva – Hg:** Dünya genelindeki cıva tüketiminin yüzde 22'si elektrikli ve elektronik cihazlarında bulunur. Düşük miktarları bile oldukça zehirli olan cıva, beyin ve böbrekler için oldukça tehlikelidir. Cıvaya; termostat, sıvı seviye algılayıcıları, röleler, floresan lambalar, telekomünikasyon, mobil cihazlar ve baskı devrelerde sıklıkla rastlanmaktadır.

**Baryum – Ba:** Baryum, kullanıcıları radyasyondan korumak için bilgisayar monitörlerinin ön panelinde kullanılır. Kısa bir süre olsa bile Baryum maruziyeti kas güçsüzlüklerine, beyinde şişmeye neden olur.

Kadmiyum – Cd: Oldukça zararlı bir madde olan Kadmiyum dolaşım sistemi için tehlike arz eder. Böbrekte birikirse zehirlenmeye neden olabilir. Eski tarz CRT tüpler ve bataryalar belirli bir düzeyde kadmiyum içerebilir. Bilgisayar çiplerinde, infra-red detektörler, yonga dirençler ve yarı iletkenlerde de Kadmiyuma rastlanabilir.

Bromlu Alev Geciktiriciler – BFR: Hormonal fonksiyonlar üzerinde önemli etkileri bulunan BFR, adında da geçtiği üzere alev geciktirici olarak kullanılırlar. Baskı devrelerde, kablolarda, bilgisayarlar bağlantı parçalarında, plastiklerde kullanılırlar.

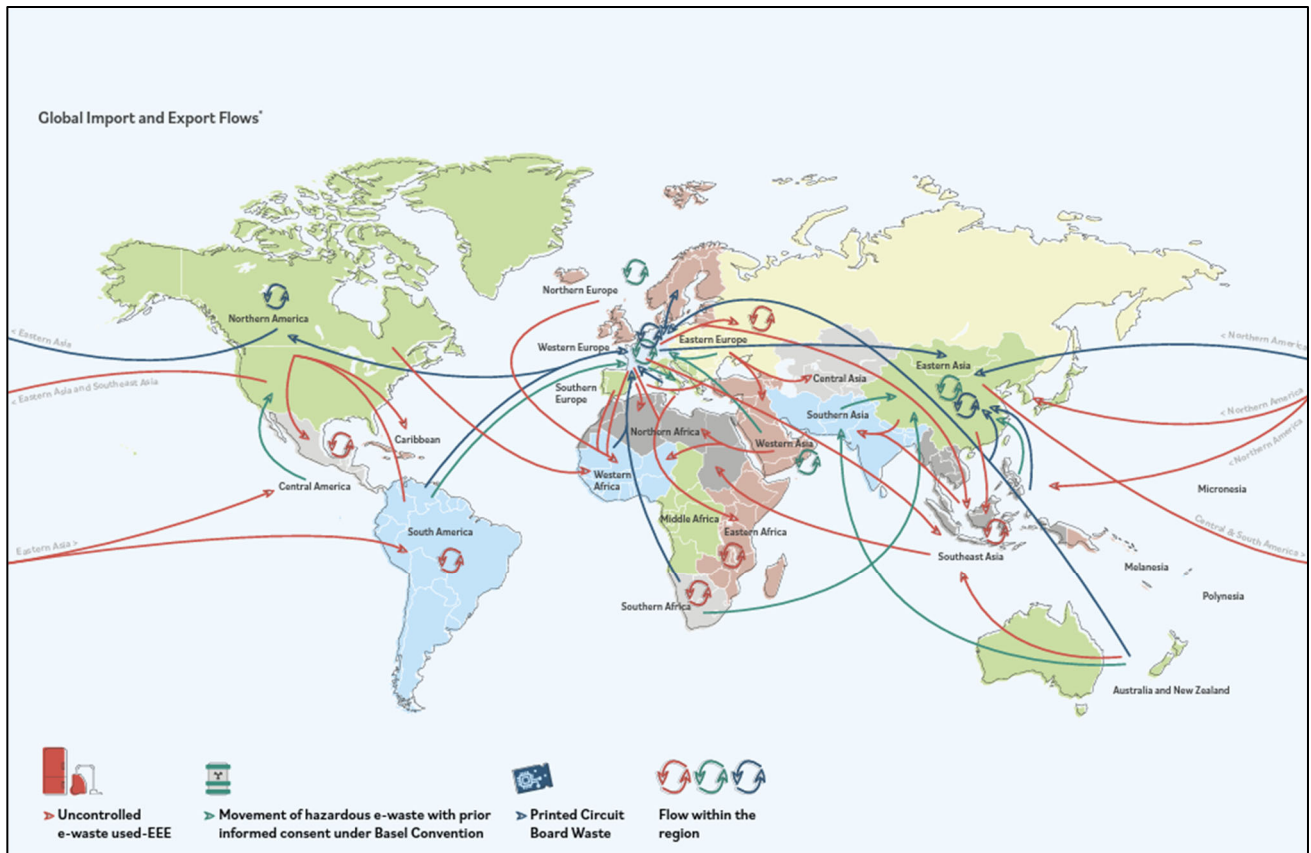
Berilyum – Be: Kanserojen olarak nitelendirilen Berilyum, ana kartlar ve bilgisayar bağlantı parçalarında bulunur.

Fosfor – P: Aydınlık ve parlaklığın önemli olduğu noktalarda kullanılan Fosfor inorganik bir kimyasaldır. Bilgisayarların ekranlarında da bulunan Fosfor'un tozlarının solunulması çok risklidir. Böyle bir durumla karşılaşıldığında hemen en yakın sağlık kuruluşuna gidilmelidir.

Krom 6 – Cr+6: DNA hasarı ve solunum rahatsızlıklarına sebep olan Krom-6 galvaniz çelik levhalarda, sertleştirilmiş çelikte ve korozyon koruması için kullanılır.

### 3. E-Atık ile İlgili Uluslararası Politikalar, Düzenlemeler ve Girişimler

E-Atık'ın dünyadaki genel durumuna bakılacak olursa ABD, İngiltere, Japonya gibi gelişmiş ülkelerde kullanım ömürleri tamamlanmış olan elektronik cihazlar ya tamir edilip tekrar piyasaya sürülmekte ya da gemi yoluyla diğer dünya ülkelerine ihraç edilmektedir. Çin, Hindistan, Malezya gibi ülkelerde elektrikli/elektronik cihazlardan arta kalan e-atıklar (özellikle baskı devreler) ilkel koşullarda hem çevre hem insan sağlığını tehlikeye sokacak şekilde asit içerisinde bekletilerek değerli metalleri ayrıştırılmaktadır (Şekil 3). E-Atıkların bu ülkelere ihraç edilmesinin başlıca sebebi tabi ki ekonomidir. Bir e-atık geri dönüşümü için harcanan miktar Çin'de 2\$, Hindistan'da 2€ civarlarında iken bu sayı ABD'de 30\$ ve Avrupa'da 20€'ları bulmaktadır [5].



Şekil 3. E-Atık ticaretinin dünya üzerindeki ithalat/ihracat güzergâhı (UNITAR).

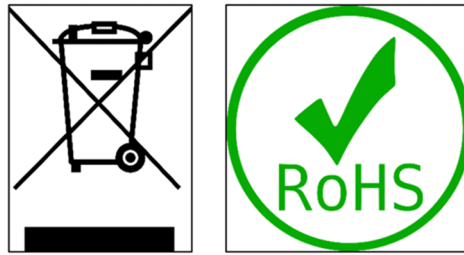
#### 4. WEEE-RoHS yönetmelikleri ve RoHS Testi

WEEE kurallarının ortaya çıkış nedenlerinin başında elektrikli/elektronik cihazların geri dönüşüm/kazanım oranını artırmak ve üretici firmaların bu konuda bilinçlendirilmesi gelmektedir. Bu kuralla birlikte üreticilerin; ürünlerini, tamir edilebilir, geliştirilebilir şekilde tasarım yapmaları teşvik edilmiştir.

Birleşmiş Milletler (UN) tarafından yaptırılan bir araştırmaya göre standart bir bilgisayarın imal edilmesi için birçoğu zehirli olan kimyasal madde, küresel ısınmaya tehdit oluşturan fosil tabanlı yakıt ve 1,5 ton su kullanılmaktadır. Bu sebepler doğrultusunda geri dönüşüm/kazanım daha önemli hale gelmiştir. Üretiminde WEEE kurallarına bağlı kalınması gereken ürünlerden bazıları şunlardır [9]:

- Ev elektroniği (büyük/küçük cihazlar)
- Haberleşme cihazları
- Bilgi teknolojileri (IT) cihazları
- Aydınlatma ekipmanları
- Tıbbi cihazlar
- Ölçüm ve kontrol cihazları
- Eğlence ve spor sektörü için üretilen ürünler

WEEE standartları ile birlikte elektronik cihazların çöpe atılması bazı kurallara bağlanmıştır. Bu kurallarla birlikte elektronik üreticisi firmalara ürünlerin geri kazanılması, hammaddelerine ayrılması gibi işlemlerin tasarlanması, organize edilmesi ve bunun için gerekli finansmanın sağlanması zorunlu tutulmuştur. WEEE kapsamında son tüketicilere düşen sorumluluk ise üzerinde WEEE işareti bulunan ürünlerin çöpe atmamaktır (Şekil 4). Tüketiciler bu türdeki ürünleri belirli satıcılar üzerinden toplama merkezlerine ücretsiz olarak gönderebilmektedir [5].



Şekil 4. WEEE ve RoHS İşaretleri

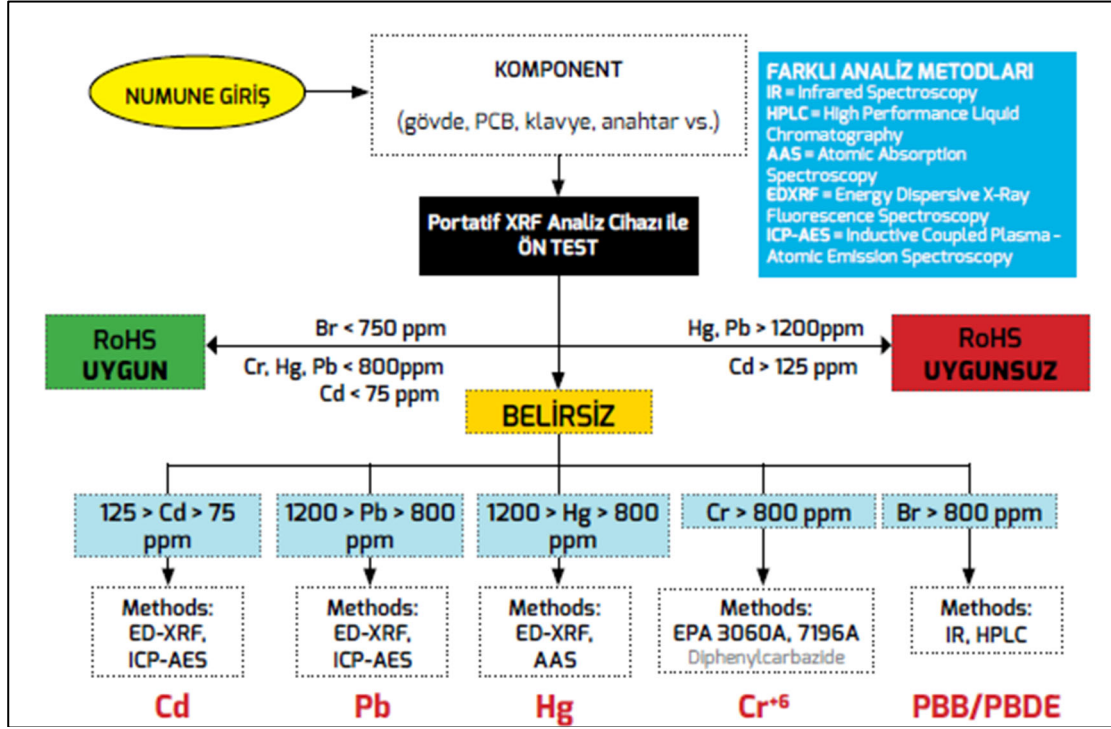
RoHS, İngilizce “Restriction of Hazardous Substances” kelimelerinin kısaltması olup Türkçeye “Belirli Zararlı Maddelerin Kullanımını Kısıtlama” olarak çevrilebilir. Bu direktif bazı zararlı maddelerin elektrikli/elektronik cihazlardaki kullanımını sınırlandıran kurallar bütünüdür. RoHS direktifleri büyük oranda ürünlerinde kondansatör, transistör, konektör gibi elektronik malzeme kullanarak baskı devre üreten firmalar ve bu malzemeleri imal eden üretici firmaları etkilemektedir. Bu direktiflere göre elektronik cihazlarda her bir homojen parçada en fazla bulunmasına izin verilen yasaklı maddeler ve oranları Tablo 1’deki gibidir.

Tablo 1. RoHS'taki yasaklı maddeler, oranları ve kullanım yerleri.

Madde	Oran	Kullanım Yeri
Kadmiyum (Cd)	100 ppm (%0,01)	Elektroliz kaplamalar, plastik malzeme, sensörler, kıvılcım çıkaran kontaklar
Cıva (Hg)	1000 ppm (%0,1)	Piller, anahtarlar, sensörler, röleler, floresan lambalar
Kurşun (Pb)	1000 ppm (%0,1)	Lehim, aktif-pasif elektronik malzeme, terminasyon uçları, baskılı devre kaplamaları, akü
Krom-6 (Cr+6)	1000 ppm (%0,1)	Krom kaplamalar
Polibrominat Bifenil (PBB)	1000 ppm (%0,1)	Alev almayı önleyici malzeme
Polibrominat Difenil Eter (PBDE)	1000 ppm (%0,1)	Alev almayı önleyici malzeme



Bir önceki paragrafta kullanılan “homojen parça” ibaresini açacak olursak, mekanik olarak farklı maddelere bölünemeyen parçalardır denilebilir. Homojen olmayan bir maddeye elektrik kablosu örnek olarak verilebilir. Çünkü içinde bakır tel ve plastik izolasyon mevcuttur. Bu iki maddeyi ayrı ayrı RoHS testlerine tabî tutmak gereklidir. Yani bakır teldeki Kadmiyum oranının 60 ppm, plastik izolasyondaki Kadmiyum oranının da 70 ppm olduğunu farz etmek toplamları 130 ppm olup RoHS Kadmiyum sınırlarını geçse bile iki maddeyi ayrı ayrı değerlendirmek zorunda olduğumuz için bu kabloda RoHS-Kadmiyum oranı uygundur diyebiliriz (Şekil 5). Benzer şekilde bir elektronik devre kartında bakır yollar, direnç, kondansatör, transistör vb. parçalar birbirinden bağımsız olarak test edilmelidir [10].



Şekil 5. RoHS Uygunluk Prosedürü (TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Bülteni – Mayıs/2013).

Şekil 6 ve Şekil 7’de örnek olarak Emas Elektroteknik Mak. San. ve Tic. A.Ş.’nin İntertek Test Hizmetleri A. Ş. ’ye yaptırmış olduğu RoHS testinin sonuçlarını görmekteyiz. Piyasada B10S koduyla bulunabilen ve elektronik ürünlerde sıklıkla kullanılan köprü diyot için yapılan test RoHS testlerinin kriterleri hakkında bizim için yol gösterici olacaktır.

SUBSTANCE	LIMITS	
Cadmium (Cd) Content	0.01 % (100 ppm)	
Chromium VI (Cr+6) Content (ppm) (for non metal)	0.1 % (1000 ppm)	
Chromium VI (Cr+6) Content (µg/cm²) (for metal)	<u>Colorimetric result</u> < 0.10 µg/cm² ≥ 0.10 µg/cm² and ≤ 0.13 µg/cm² > 0.13 µg/cm²	<u>Qualitative Result</u> Negative Inconclusive Positive
Lead (Pb) Content	0.1 % (1000 ppm)	
Mercury (Hg) Content	0.1 % (1000 ppm)	
Flame Retardants	0.1 % (1000 ppm)	
Dibutyl Phthalate (DBP)	0.1 % (1000 ppm)	
Diethyl Hexyl Phthalate (DEHP)	0.1 % (1000 ppm)	
Benzyl Butyl Phthalate (BBP)	0.1 % (1000 ppm)	
Diisobutyl Phthalate (DIBP)	0.1 % (1000 ppm)	

Şekil 6. RoHS Test Limitleri

Testing Item	Testing Method	Reporting Limit
Cadmium (Cd) Content	With reference to IEC 62321-5:2013, by microwave or acid digestion and determined by ICP-OES	Plastic: 10 ppm / Metal: 4 ppm / Ceramic: 5 ppm
Lead (Pb) Content	With reference to IEC 62321-5:2013, by microwave or acid digestion and determined by ICP-OES	Plastic: 10 ppm / Metal: 4 ppm / Ceramic: 5 ppm
Mercury (Hg) Content	With reference to IEC 62321-4:2017, by microwave or acid digestion and determined by ICP-OES	Plastic: 10 ppm / Metal: 10 ppm / Ceramic: 5 ppm
Chromium VI (Cr6+) (For non-metal)	With reference to IEC 62321-7-2:2017, by alkaline digestion and determined by UV-VIS spectrophotometer	Plastic 25 ppm (PVC Based) / 8,33 ppm (Other)
Chromium VI (Cr6+) (For metal)	With reference to IEC 62321-7-1:2015, by boiling water extraction and determined by UV-VIS spectrophotometer	0,1 ppm with 50 cm2 (In testing solution)
PBBs/PBDEs	With reference to IEC 62321-6:2015, by solvent extraction and determined by GC/MS and HPLC	5 ppm
Phthalates	With reference to IEC 62321-8 (111/321/CD), by solvent extraction and determined by GC-MS.	50 ppm

Şekil 7. B10S Köprü Diyot RoHS Testi Sonucu.

## 5. Sonuç

Gelişen teknolojiyle birlikte neredeyse her gün yeni bir elektrikli/elektronik cihaz icat edilip tasarlanmaktadır. Yapılan bu tasarımlar ise çevre ve insan sağlığı açısından büyük sorumluluk taşımaktadır. Tüketim alışkanlığımızın kullan-at modeline evrilmesiyle birlikte üretilen her ürün beraberinde bir e-atık getirmektedir. Elektronik ürünler, tehlikeli toksik maddelerin yanı sıra içeriklerinde metal, cam gibi geri dönüştürülebilir değerli maddeleri de bulundurmaktadır. Teknoloji israfının had safhada olduğu bu dönemde elektrikli/elektronik cihazlarımızı ömürlerinin sonuna kadar kullanmak, daha sonra tamir edilebiliyorsa tamir edip kullanmak, tamir edilemiyorsa da emniyetli ve güvenli bir şekilde toplanıp, geri dönüşümle kazandırılması ya da imha edilmesi birey olarak üzerimize düşen bir vazifedir. Bu kapsamda Avrupa Birliği tarafından yürürlüğe alınan WEEE ve RoHS direktiflerine uymak da en önemli sorumluluklarımız arasında gelmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Puckett J, Smith T. Exporting harm: the high-tech trashing of Asia The Basel Action Network. Seattle7 Silicon Valley Toxics Coalition, 2002.
- [2] Culver J. The life cycle of a CPU; 2005. <http://www.cpushack.net/life-cycle-of-cpu.html>
- [3] O'Connell Kim A. Computing the damage, waste Age; 2002. [http://www.wasteage.com/ar/waste\\_computing\\_damage/](http://www.wasteage.com/ar/waste_computing_damage/)
- [4] Robert K.H et.al. Strategic Sustainable Development-Selection , Design and Synergies of Applied Tools, Journal of Cleaner Production , Article in Press
- [5] Akın, B. & Kuru, A. (2011). ELEKTRİKLİ VE ELEKTRONİK ATIKLARIN (E-ATIK) ZARARLARI, YÖNETİMİ VE TÜRKİYEDEKİ UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.
- [6] İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi, 3 (12) , 1-12. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iaud/issue/30057/324522>
- [7] Kaya, Muammer. (2007). ELEKTRONİK ATIK (e-ATIK) GERİ DÖNÜŞÜM/KAZANIM SİSTEMİ (ELECTRONIC WASTE (e-WASTE) RECYCLING/RECOVERY SYSTEM).
- [8] Bogaert, S., Van Acoleyen, M., Van Tomme, I., De Smet, L., Fleet, D., & Salado, R. (2008). Study on RoHS and WEEE Directives. By ARCADIS & RPA for the DG ENTR, European Commission.
- [9] Directive, E. U. (2002). 96/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment (WEEE). Official Journal of the European Union L, 37, 24-38.
- [10] Aktürk, M. (2013). RoHS ve WEEE Direktifleri Nelerdir? Retrieved from [https://www.emo.org.tr/ekler/db5403782f9d167\\_ek.pdf?dergi=921](https://www.emo.org.tr/ekler/db5403782f9d167_ek.pdf?dergi=921)